

**Д.А.ДЗЮБАНОВ**, канд. физ.-мат. наук,  
**И.Г.ЗАХАРОВ**, канд. физ.-мат. наук, ХНУ им. В.Н. Каразина  
**М.В.ЛЯШЕНКО**, м.н.с., Институт ионосферы (г. Харьков)

## **ВАРИАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОСФЕРЫ В СПОКОЙНЫХ УСЛОВИЯХ ПО ДАННЫМ ХАРЬКОВСКОГО РАДАРА НР**

Розглянуто варіації електронної концентрації  $N$  області F іоносфери у спокійних умовах 1997-1999 рр. Співставлено значення  $N$ , отримані Харківським радаром НР та розрахованих по глобальних іоносферних моделях IRI-90 та IRI-2000 для двох магнітоспокійних періодів квітня та травня 1998 р. Порівняння експериментальних та розрахованих значень  $N$  показало, що модельні дані є найбільш характерними для умов західної півкулі і що існуючі глобальні моделі не завжди вірно відображають розподіл параметрів іоносфери східноєвропейського регіону навіть у спокійних умовах.

Variations of electron density  $N$  of the F-region of an ionosphere in quiet conditions for 1997-1999 are considered. Values  $N$  measured by Kharkov incoherent scatter radar and calculated on the global ionospheric models IRI-90 and IRI-2000 for two magnetic quiet periods April and May 1998 are compared. From comparison of experimental and calculated values  $N$  it is evident, that the modelling data are more characteristic for conditions of the western hemisphere and that existing global models do not always correctly reflect distribution of parameters of an ionosphere of the East-European region even in quiet conditions.

В настоящее время проблеме поведения ионосферной плазмы в различных гелиогеофизических условиях посвящено большое количество публикаций. Одним из важных направлений исследования околоземной космической плазмы является изучение состояния ионосферы в спокойных условиях. Измерения ионосферных параметров, выполненные в спокойных условиях, лежат в основе глобальных ионосферных и термосферных моделей. При этом следует отметить, что для развития глобальных моделей важно, чтобы по возможности большее число географических регионов было представлено полученными в них данными. Это связано с отсутствием сферической симметрии ионосферы из-за несовпадения географических и геомагнитных полюсов. В частности, Северный магнитный полюс находится на одном из островов Канадского архипелага. Такая ситуация приводит к существенным различиям морфологии ионосферы, например, североамериканского и европейского регионов, причем эти различия делаются более значительными с ростом солнечной активности.

Состояние ионосферы в спокойных условиях представляет также интерес для исследования ряда ионосферных возмущений. Как было показано ранее [1-3], продолжительное сохранение очень спокойных условий способ-

ствуется более выраженному проявлению возмущений области F2 ионосферы в периоды магнитных бурь (МБ).

Целью данной статьи является исследование вариаций ионосферы в течение очень спокойных условий.

Для решения поставленной задачи были использованы данные за 1997 - 1999 гг., полученные на Харьковском радаре некогерентного рассеяния (НР) Института ионосферы [4]. Более детально были рассмотрены два периода: 27-29 апреля и 26-28 мая 1998 года.

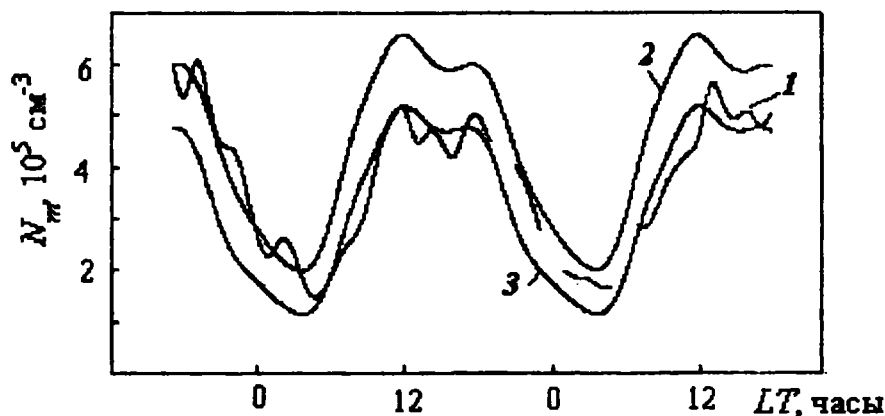


Рис. 1. Модельные и экспериментальные суточные вариации  $N_{\min}$  для 27-29 апреля 1998 г.: 1 - данные НР; 2 - модель IRI-2000; 3 - модель IRI-90

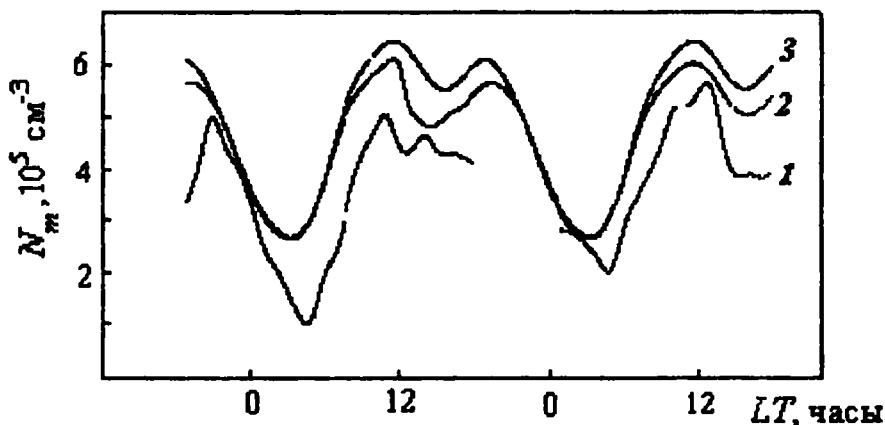


Рис. 2. Модельные и экспериментальные суточные вариации  $N_{\min}$  для 26-28 мая 1998 г.: 1 - данные НР; 2 - модель IRI-2000; 3 - модель IRI-90

На протяжении обоих периодов сохранялась спокойная геофизическая обстановка - геомагнитный индекс  $A_p \leq 12$  и индекс солнечной активности  $F_{10.7}$  для указанных периодов менялся в диапазоне от 92 до 102. Для сравнения с экспериментальными данными был выполнен расчет значений электронной концентрации  $N$  по глобальным эмпирическим моделям ионосферы IRI-90 [5] и IRI-2000 [6].

На рис. 1 - 2 представлены экспериментальные и модельные суточные вариации электронной концентрации в максимуме области F2 ионосферы  $N_m$  для каждого из рассмотренных периодов.

Из полученных зависимостей (см. рис. 1 - 2) видно, что модели недостаточно точно описывают изменение  $N_m$  для каждого из периодов. Видно, что экспериментальные и модельные значения  $N_m$  близки в ночные часы, а утром (около 6 часов) и в околополуденные часы имеется расхождение эксперимента и расчета. Экспериментальные данные (рис. 1) свидетельствуют о том, что даже в спокойной ионосфере присутствуют волновые процессы, что согласуется с ранее полученными результатами [1].

Различия экспериментальных и модельных суточных вариаций  $N_m$ , по-видимому, обусловлены различием суточных вариаций в западном и восточном полушариях. Для западного полушария дневной максимум (около 12 LT) выражен сильнее, чем вечерний (около 18 LT), а для восточного эти максимумы имеют приблизительно одинаковую форму.

Из сравнения моделей между собой, а также моделей и экспериментальных данных, можно оценить прогресс в области моделирования состояния ионосферы на сегодняшний день. Видно, что точность расчета  $N_m$  по модели IRI-90 выше, чем по модели IRI-2000. Принимая во внимание отмеченные выше особенности суточного хода  $N_m$ , это различие можно объяснить тем, что в модели IRI-90 полнее представлен массив экспериментальных данных, полученных на станциях вертикального зондирования Европейской части бывшего СССР, чем в более поздней версии модели IRI. Таким образом, точность расчета по глобальным моделям в конкретных геофизических условиях существенно зависит от исходного набора экспериментальных данных, которые были использованы при построении ионосферной модели.

Из анализа высотных профилей электронной концентрации для рассмотренных выше периодов следует, что различие модельных и экспериментальных значений  $N$  в максимуме области F2 ионосферы ( $f_oF2$ ) невелико и в большинстве случаев составляет  $\sim 10\%$ , а на высотах выше максимума ионизации расхождение модельных и экспериментальных профилей значительно больше. Исходя из этого, для повышения точности профилей  $N(h)$  для восточноевропейского региона наиболее эффективным будет использование радара HP, позволяющего получать основные ионосферные параметры в диапазоне высот 200 - 2000 км. Экспериментальные высотные профили электронной концентрации могут быть использованы для построения эмпирической

модели восточноевропейского региона, которая может быть использована самостоятельно или как часть глобальной модели ионосферы.

Возможной причиной различия мгновенных и медианных значений электронной концентрации в спокойных условиях могут быть волны Россби [7-8] – одна из разновидностей планетарных волн – квазиволновыми процессами в ионосфере с временными масштабами ~ 7 суток и амплитудой до 40%, поведение которых не отражается в полной мере изменениями ни солнечной, ни геомагнитной активностей.

Таким образом, можно сделать вывод, что изменение ионосферных параметров при наличии в атмосфере планетарных волн не укладывается в простую схему «воздействие – отклик» и требует комплексного подхода к анализу и выделению геофизических условий, для которых осуществляется расчет или прогноз по ионосферным моделям.

С другой стороны, наличие определенных закономерностей в развитии волновых процессов дает основания для разработки алгоритма их адекватного учета в ионосферных моделях и снижения погрешности расчета по моделям до уровня, определяемого случайными флуктуациями ионосферных параметров. Очевидно также, что достаточно полный учет особенностей вариаций ионосферных параметров возможен только при учете региональных особенностей ионосферных параметров.

Захаров И.Г. благодарит НТЦУ за поддержку, грант № 1772.

Список литературы: 1. Захаров И.Г., Мозговая О.Л. О термосферно-ионосферных возмущениях в спокойных и возмущенных условиях // Оптика атмосферы и океана, 2002, т.15, №12, с. 1137-1141. 2. Намгаладзе А.А., Захаров Л.П. Влияние возмущений состава нейтральной термосферы и термосферных ветров на F-область ионосферы // Исследование ионосферной динамики, 1979., с. 85-95. 3. Брюнелли Б.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы, М., 1988. 528 с. 4. Таран В.И. Исследования ионосферы с помощью радаров некогерентного рассеяния в Харькове // Вестник Харьковского государственного политехнического университета, 1999, вып. 31, с. 3-9. 5. Bilitza D. International Reference Ionosphere 1990, National Space Science Data Center, NSSDC/WDC-A-R&S 90-20, Greenbelt, Maryland, 1990. 6. Bilitza D. International Reference Ionosphere 2000 // Radio Sci. 2001, 36, № 2, pp. 261-275. 7. Госсард Э.Э., Хук У.Х. Волны в атмосфере, М., 1978. 532 с. 8. Захаров И.Г., Ляшенко М.В. Сравнение экспериментальных и модельных значений полного электронного содержания в ионосфере над Восточной Европой // Радиофизика и радиоастрономия, 2003, №3, с. 155-167.

Поступила в редакцию 08.04.03